



*Ministero delle Attività Produttive*  
*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*  
*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*  
*Ufficio G2*

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

**Invenzione Industriale**

N.

TO2002 A 000618



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

**Inoltre verbale depositato alla Camera di Commercio di Torino n. TOR0509 del 30/08/2002  
per il deposito dei disegni definitivi (pagg. 7).**

Roma, 11

11/8 APR. 2003

IL DIRIGENTE

Giampietro Carlotto  
*Giampietro Carlotto*

## AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO



## A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI  
 Residenza ORBASSANO TO codice 10152 (prov) TO  
 2) Denominazione \_\_\_\_\_  
 Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

## B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome PAOLO RAMBELL ed altri. cod. fiscale \_\_\_\_\_  
 (Isr. No. 435BM)  
 denominazione studio di appartenenza Jacobacci & Partners S.p.A.  
 via Corso Regio Parco n. 27 città TORINO cap 10152 (prov) TO

## C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

## D. TITOLO

classe proposta (sez/ci/sci) \_\_\_\_\_ gruppo/sottogruppo \_\_\_\_\_

SISTEMA DI CONTROLLO DI ATTUATORI PIEZOELETTRICI, PARTICOLARMENTE  
PER INIETTORI DI COMBUSTIBILE DI MOTORI DIESEL

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA \_\_\_\_\_

N° PROTOCOLLO \_\_\_\_\_

## E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) MONTUSCHI MARIO 3) REGGIO PAOLO  
 2) FAGGIOLI EUGENIO 4) \_\_\_\_\_

## F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato S/R

1) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_

## SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

## G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

## H. ANNOTAZIONI SPECIALI

LETTERA DI INCARICO SEGUE



## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ PROV n. pag. 34 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) \_\_\_\_\_  
 Doc. 2) ☒ PROV n. tav. 07 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) \_\_\_\_\_  
 Doc. 3) ☒ RIS 1 dichiarazione sostitutiva di certificazione \_\_\_\_\_  
 Doc. 4) ☒ RIS \_\_\_\_\_ designazione inventore \_\_\_\_\_  
 Doc. 5) ☒ RIS \_\_\_\_\_ documenti di priorità con traduzione in italiano \_\_\_\_\_  
 Doc. 6) ☒ RIS \_\_\_\_\_ autorizzazione o atto di cessione \_\_\_\_\_  
 Doc. 7) ☒ \_\_\_\_\_ nominativo completo del richiedente \_\_\_\_\_

## SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

B) attestati di versamento, totale lire

DUECENTONOVANTUNO/80

obbligatorio

COMPILATO IL 16 07 2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)

CONTINUA SINO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO

SI

PAOLO RAMBELL  
 (Isr. No. 435BM)

Jacobacci &amp; Partners S.p.A.

C. C. I. A. A. DI TORINO2002A000618codice 01

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA

Reg. A

L'anno duemiladueil giorno sedicidel mese di luglioIl (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

## I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

UINO CHIALE

C.C.I.A.A.  
 Torino  
 dell'ufficio

L'UFFICIALE ROGANTE

Daniela Besso  
 Daniela BESSOLO

## RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA

REG. A

DATA DI DEPOSITO

16/07/2002

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

16/07/2002

A. RICHIEDENTE (I)

10 2002 A 000618

Denominazione

L.C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI

Residenza

ORBASSANO

TO

## D. TITOLO

SISTEMA DI CONTROLLO DI ATTUATORI PIEZOELETTRICI, PARTICOLARMENTE  
PER INIETTORI DI COMBUSTIBILE DI MOTORI DIESEL

Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo/sottogruppo)

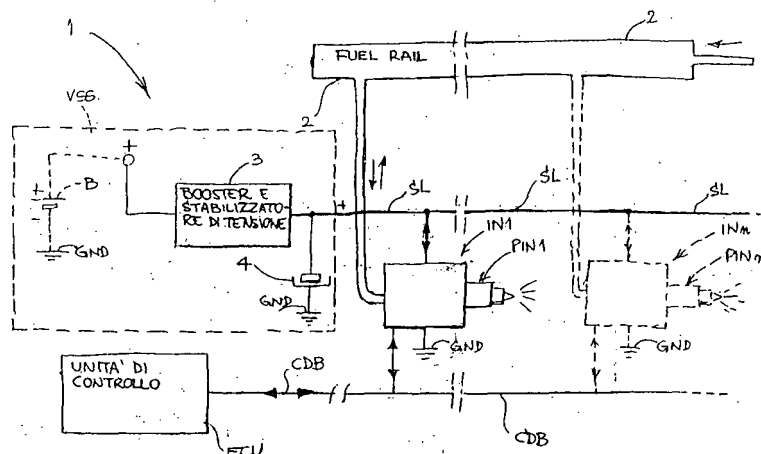
## L. RIASSUNTO

Il sistema consente il controllo di almeno un attuatore piezoelettrico (PA) avente un'impedenza capacitiva, e comprende: una sorgente di tensione (VSS); un ramo circuitale di comando (5) in parallelo alla sorgente (VSS), nel quale l'attuatore (PA) è collegato in serie a due interruttori elettronici (SW1, SW2) provvisti di un rispettivo diodo in parallelo (D1, D2); un induttore di accumulo di energia (L) che ha un terminale collegato fra detti interruttori (SW1, SW2) e l'altro terminale collegato alla sorgente di tensione (VSS); e un'unità elettronica (ECU) atta a pilotare detti interruttori controllati (SW1, SW2) secondo modalità prestabilite. (Figura 1)



## M. DISEGNO

FIG.1



DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:  
"Sistema di controllo di attuatori piezoelettrici,  
particolarmente per iniettori di combustibile di  
motori Diesel"

di: C.R.F. Società Consortile per Azioni, naziona-  
lità italiana, Strada Torino 50, I-10043 Orbassano  
(Torino)

Inventori designati: Mario MONTUSCHI, Eugenio FAG-  
GIOLI, Paolo REGGIO

Depositata il: 16 luglio 2002

\* \* \*

10 2002 A 000618

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un sistema di  
controllo di attuatori piezoelettrici, particolar-  
mente per iniettori di combustibile di motori Die-  
sel.

Sistemi di iniezione di carburante con valvole  
o iniettori azionati a mezzo di attuatori piezoe-  
lettrici sono stati proposti da anni, ma sono tut-  
tora afflitti da numerosi problemi. Tali problemi  
sono per lo più collegati alle particolarità degli  
attuatori piezoelettrici, ed hanno rallentato lo  
sviluppo di questi sistemi rispetto alle soluzioni  
più tradizionali, e più agevolmente controllabili,  
basate sull'impiego di iniettori o valvole ad elet-

JACOBACCI & PARTNERS SpA

tromagneti.

Svariati problemi che affliggevano le soluzioni con attuatori piezoelettrici sono stati risolti, tuttavia attraverso realizzazioni molto complesse e/o onerose dal punto di vista industriale, che hanno di fatto sinora ostacolato la diffusione dei piezo-iniettori.

Senza la pretesa di un'elencazione esaustiva, fra i problemi principali da risolvere vi sono i seguenti:

- tolleranze nelle prestazioni di iniettori diversi, stabilità delle prestazioni e ritaratura delle caratteristiche a lungo termine;
- dispersione dei "size" degli iniettori di potenze diverse;
- problemi nelle sostituzioni in "service" nel caso di malfunzionamenti, e problemi di set-up in produzione;
- complessità dei cablaggi, problemi di sicurezza verso gli operatori (alte tensioni), emissioni elettromagnetiche e suscettività elettromagnetica;
- difficoltà nell'attuazione di iniettate multiple ravvicinate, di iniettate temporalmente sovrapposte (in cilindri diversi), di controllo del-

l'apertura parziale degli iniettori, e criticità all'avviamento del motore; e

- esigenze di razionalizzazione circuitale dei sistemi di controllo, pilotaggio e diagnosi.

Lo scopo della presente invenzione è di realizzare un sistema di controllo migliorato per attuatori piezoelettrici, particolarmente per iniettori di combustibile di motori Diesel, atto a consentire di risolvere almeno parzialmente alcuni dei problemi sopra delineati.

Questo ed altri scopi vengono realizzati secondo l'invenzione con un sistema di controllo le cui caratteristiche salienti sono definite nell'annessa rivendicazione 1.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno dalla descrizione dettagliata che segue, effettuata a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

la figura 1 è uno schema parzialmente a blocchi che mostra l'architettura di un modo di realizzazione di un sistema di controllo per attuatori piezoelettrici secondo la presente invenzione;

la figura 2 è uno schema elettrico che mostra un primo modo di attuazione di un ramo circuitale

di comando di un attuatore piezoelettrico in un sistema secondo l'invenzione;



la figura 2a è una serie di diagrammi che mostrano, in funzione del tempo  $t$  riportato in ascissa, andamenti esemplificativi di segnali di pilotaggio e di altre grandezze elettriche in un ciclo di funzionamento di un sistema realizzato in conformità con l'architettura circuitale mostrata nella figura 2;

le figure 3 e 4 sono schemi circuitali di varianti alternative a quella mostrata nella figura 2;

la figura 5 è uno schema elettrico, parzialmente a blocchi, relativo ad un modo di realizzazione di un gruppo di controllo, pilotaggio e diagnosi incorporato in un gruppo integrato con l'associato piezoattuatore, e

la figura 6 mostra un'ulteriore variante circuitale, alternativa a quella della figura 2, per l'impiego per il pilotaggio di coppie di piezoattuatori.

Nella figura 1 con 1 è complessivamente indicato un sistema di controllo di attuatori piezoelettrici secondo l'invenzione. Tale sistema 1 è in particolare destinato a consentire il controllo, il

JACOBI & PARTNERS S.p.A.

pilotaggio e la diagnosi di funzionamento di una pluralità di piezoiniettori PIN1-PINn collegati ad un rail comune 2 di alimentazione del combustibile in un motore a combustione interna a ciclo Diesel.

Nella realizzazione mostrata nella figura 1, ciascun piezoiniettore fa parte di un dispositivo di iniezione integrato IN1-INn, in cui sono inoltre incorporati dispositivi elettronici per il controllo, il pilotaggio ed eventualmente anche per la diagnosi del funzionamento dell'iniettore.

Da un punto di vista elettrico, i dispositivi o gruppi integrati di iniezione IN1-INn sono collegati essenzialmente in parallelo fra una linea di alimentazione di tensione SL ed un conduttore di massa GND.

La linea di alimentazione SL è collegata al terminale positivo di una sorgente di tensione continua di alimentazione complessivamente indicata con VSS nella figura 1. Il terminale negativo di tale sorgente VSS è collegato alla massa GND.

Nella realizzazione esemplificativamente illustrata nella figura 1 la sorgente di tensione di alimentazione VSS comprende una batteria B, quale l'usuale batteria per autoveicoli con tensione nominale di circa 14V. Tale batteria è collegata al-



l'ingresso di un circuito booster e stabilizzatore di tensione 3, di tipo per sé noto, atto ad erogare in uscita una tensione di alimentazione di valore più elevato di quella fornita dalla batteria B, ad esempio una tensione avente un valore nominale di circa 42V.

Fra l'uscita del circuito booster e stabilizzazione di tensione 3 e la massa GND è convenientemente disposto un condensatore di tank 4, di capacità elevata.

I valori di tensione continua di alimentazione sopra indicati e la struttura della sorgente di tensione VSS sopra descritta non hanno peraltro valore vincolante o tassativo.

Secondo una possibile alternativa, la sorgente VSS può comprendere una batteria di accumulatori in grado di erogare una tensione di alimentazione avente un valore nominale di circa 42V, con eventuale condensatore di tank in parallelo all'uscita.

Il valore (nominale) di circa 42V è peraltro conveniente in vista del fatto che tale valore verrà verosimilmente nel futuro adottato come valore standard per gli impianti elettrici/elettronici a bordo di autoveicoli.

Con riferimento alla figura 1, nell'architettura

tura ivi esemplificativamente illustrata i singoli dispositivi o gruppi integrati di iniezione IN1-INn sono gestiti da un'unità elettronica di controllo ECU attraverso una linea o bus di controllo e diagnosi CDB.

La figura 1 consente di apprezzare la semplicità dell'architettura ivi proposta, e la relativa facilità con cui i vari di dispositivi integrati di iniezione INi sono inseriti nel sistema 1, mediante il loro accoppiamento in parallelo fra la linea di alimentazione SL e la massa GND, ed il loro allacciamento alla linea o bus di controllo e diagnosi CDB.

Come apparirà più chiaramente dal seguito, ciascun dispositivo o gruppo integrato INi comprende dispositivi elettrici/elettronici di pilotaggio o di monitoraggio, e la struttura dell'unità di controllo ECU risulta corrispondentemente "alleggerita", con drastica semplificazione dei problemi inerenti la dissipazione termica e la riduzione dei disturbi indotti nel funzionamento, e nonché semplificazione delle connessioni e dei cablaggi.

L'unità di controllo ECU può essere eventualmente "remotata", ed in particolare disposta all'esterno del vano motore, od eventualmente inte-

grata con altra unità di controllo a bordo dell'autoveicolo.

Come è noto, gli attuatori piezoresistivi, ed in particolare quelli aventi una struttura a pila stratificata (layered stack), presentano da un punto di vista elettrico una reattanza di tipo capacitivo.

Con riferimento alle figure 2 e seguenti, si descriveranno ora alcune architetture preferite per il pilotaggio di un siffatto attuatore piezoelettrico.

Nella figura 2 è mostrato un dispositivo o gruppo integrato di iniezione IN1 comprendente un piezoattuatore PA inserito in un ramo circuitale di comando 5 che è connesso in parallelo fra la linea di alimentazione SL e la massa GND.

In tale ramo circuitale di comando il piezoattuatore PA ha un terminale collegato alla linea di alimentazione SL, e l'altro terminale collegato ad una serie formata da due interruttori o commutatori elettronici controllati, indicati con SW1 e SW2, rispettivamente. Tali interruttori o commutatori sono preferibilmente del tipo allo stato solido e ciascuno di essi è provvisto di un rispettivo diodo in parallelo D1, D2, disposto con il catodo rivolto



JACOBACCI & PARTNERS SpA

al polo positivo della sorgente di tensione VSS.

Convenientemente, gli interruttori o commutatori elettronici SW1 e SW2 sono transistori di tipo MOSFET, ed in tal caso i rispettivi diodi D1 e D2 sono vantaggiosamente i diodi intrinseci a tali transistori.

La connessione degli interruttori SW1 e SW2 è essenzialmente del tipo cosiddetto "totem pole". Pertanto, essi possono essere eventualmente realizzati in forma integrata, in unico dispositivo monolitico.

Sempre con riferimento alla figura 2, a ciascun attuatore piezoelettrico PA è associato un rispettivo induttore di accumulo di energia L, che ha un terminale collegato fra gli interruttori SW1 e SW2, e l'altro collegato ad un terminale della sorgente di tensione VSS, in particolare al terminale positivo, attraverso la linea di alimentazione SL.

Gli interruttori o commutatori SW1 e SW2 sono controllati dall'unità ECU, nei modi che verranno meglio descritti nel seguito, sulla base di programmi di controllo predeterminati, nonché di informazioni acquisite da tale unità ECU, quale la tensione che si localizza nel funzionamento sul piezoattuatore stesso PA, la corrente fluente nel-

l'associato induttore L, rilevata a mezzo di un apposito sensore H, quale ad esempio un sensore ad effetto di Hall, ed altri ancora.

In relazione all'induttore L associato a ciascun piezoattuatore PA si osserva che, in particolare in vista della sua incorporazione fisica nel gruppo dispositivo di iniezione che comprende il piezoattuatore, è conveniente che esso presenti dimensioni molto ridotte. Ciò può essere ottenuto ricorrendo ad un induttore provvisto di un nucleo ferromagnetico sinterizzato, ad elevata capacità di flusso, e adatto al funzionamento a frequenze elevate.

Si descriveranno ora brevemente le modalità di funzionamento del sistema secondo la figura 2, con riferimento ai diagrammi esemplificativi della figura 2a.

In vista di attuare un'iniezione di combustibile, l'unità di controllo ECU determina innanzitutto (istante  $t_1$  nella figura 2a) il passaggio in conduzione ("chiusura") del commutatore elettrico SW1, mentre l'altro commutatore SW2 è non conduttivo ("aperto"). Di conseguenza, l'induttore L viene accoppiato alla sorgente di tensione VSS, ed in esso fluisce una corrente I progressivamente crescen-

te, che viene monitorata dall'unità di controllo ECU tramite il sensore H. Al crescere dell'intensità  $I$ , cresce l'energia  $E=LI^2/2$  immagazzinata nell'induttore  $L$ .

Quando la corrente  $I$  raggiunge un valore predeterminato, corrispondente ad un valore predeterminato di energia immagazzinata nell'induttore  $L$ , il commutatore SW1 viene interdetto ("aperto") come è mostrato all'istante  $t_2$  nei grafici della figura 2a. In tale condizione la corrente  $I$  fluisce nella maglia comprendente l'induttore  $L$ , il diodo D2 ed il piezoattuatore PA. La tensione  $V$  (figure 2 e 2a) ai capi del piezoattuatore PA cresce allora a partire dal valore nullo, nel modo qualitativamente indicato dal grafico inferiore nella figura 2a, con andamento essenzialmente sinusoidale. In questa fase l'induttore  $L$  ed il piezoattuatore PA formano nel complesso un circuito LC-risonante, e la tensione  $V$  sul piezoattuatore PA cresce con andamento sinusoidale, raggiungendo il suo massimo  $V_M$  in corrispondenza dell'annullamento della corrente  $I$  (istante  $t_3$ ), in un arco di tempo  $t_3-t_2$  sostanzialmente pari a un quarto del periodo corrispondente alla frequenza di risonanza di detto circuito risonante.



La corrente  $I$ , una volta annullatasi, "tenderebbe" ad invertire di segno, ma ciò è impedito dal diodo  $D2$ . Il piezoattuatore  $PA$  rimane dunque carico, essenzialmente alla tensione  $V_M$  raggiunta all'istante  $t_3$ .

Tale tensione è suscettibile di provocare una corrispondente variazione dimensionale del piezoattuatore  $PA$ , adeguata a provocare l'apertura della valvola di iniezione o iniettore associato, per realizzare un'iniettata di combustibile.

La durata dell'iniettata viene stabilita dall'unità di controllo  $ECU$ , in modo per sé noto.

Al termine del tempo previsto di iniezione, all'istante  $t_4$  l'unità  $ECU$  provoca il passaggio in conduzione del commutatore elettronico  $SW2$ , come è indicato nel secondo grafico della figura 2a (mentre  $SW1$  rimane interdetto). In tale condizione, l'induttore  $L$  è nuovamente accoppiato al piezoattuatore  $PA$ , e la tensione  $V$  localizzata su quest'ultimo può scaricarsi gradualmente nell'iniettore  $L$ , facendovi fluire una corrente  $I$  di segno opposto a quello precedente. La tensione  $V$  sul piezoattuatore si riduce, come indicato dal grafico a tratto continuo fra gli istanti  $t_4$  e  $t_5$  nei diagrammi della figura 2a. All'istante  $t_5$  la tensione

JACOBACCI & PARTNERS SpA

V sul piezoattuatore PA si riannulla e, rilevata tale condizione, l'unità ECU interdice il commutatore elettronico SW2.

Dopo l'interdizione di SW2 ( $t > t_5$ ), una corrente fluisce dall'induttore L verso la sorgente di tensione VSS (e in particolare nel condensatore di tank 4), attraverso la linea SL da una parte, ed attraverso la massa ed il diodo D1 dall'altra parte. Ciò consente vantaggiosamente un recupero rigenerativo di energia, sino a che la situazione nel ramo circuitale 5 sopra descritto si riporta nelle condizioni iniziali.

Si osserva che anche la scarica della tensione V fra gli istanti  $t_4$  e  $t_5$  avviene in circa un quarto del periodo corrispondente alla frequenza di risonanza del circuito formato dall'induttore L e dalla reattanza capacitiva del piezoattuatore PA. Questa caratteristica risulta particolarmente vantaggiosa relativamente a sistemi secondo la tecnica anteriore a circuito risonante, nei quali i tempi di carica e scarica dell'energia richiedono circa la metà del periodo corrispondente alla frequenza di risonanza.

La soluzione sopra descritta consente dunque velocità maggiori.



Un ulteriore pregio della soluzione descritta risiede nel fatto che la scarica della tensione sviluppata sul piezoattuatore PA avviene in modo molto rapido, il che è desiderabile al fine di garantire una diseccitazione veloce della valvola di iniezione, e non è facilmente ottenibile con i sistemi tradizionali che ricorrono a circuiti risonanti che operano su semiperiodi di oscillazione.

L'unità ECU può essere convenientemente predisposta per controllare i commutatori SW1 e SW2 così da determinare in particolare la chiusura iniziale del commutatore SW1 per un tempo  $(t_2 - t_1)$  che è funzione del desiderato valore di tensione da raggiungere sull'attuatore piezoelettrico PA.

In alternativa, l'unità di controllo ECU può essere predisposta in modo tale da determinare un passaggio in conduzione anticipato del commutatore SW2, ad esempio all'istante  $t_3$ , come è mostrato nel terzo grafico della figura 2a, in modo tale da provocare una prima fase di scarica della tensione  $V$  precedentemente localizzata sul piezoattuatore PA sino ad un valore ridotto  $V_R$  predeterminato. Raggiunto tale valore, ad un istante  $t'_3$  l'unità ECU interdice nuovamente il commutatore SW2, per cui la tensione sul piezoattuatore PA permane allora es-

senzialmente al valore  $V_R$ . Tale modo di operare, consente di velocizzare la fase iniziale di "apertura" della valvola di iniezione, che sarebbe altrimenti piuttosto lenta, e poi di stabilizzare la tensione sul piezoattuatore al valore  $V_R$  corrispondente al grado di apertura desiderato per la valvola.

La scarica finale della tensione localizzata sul piezoattuatore PA viene anche in tal caso determinata mediante il passaggio in conduzione del commutatore SW2, all'istante  $t_4$ , come mostrato nel terzo grafico della figura 2a, e sino ad un istante  $t'_5$  (anticipato rispetto all'istante  $t_5$ ), nel quale la tensione  $V$  sul piezoattuatore si annulla.

Tipicamente, come è noto, la reattanza capacitiva di un attuatore piezoelettrico varia, ed in particolare cresce, al crescere della temperatura di lavoro.

Convenientemente l'unità di controllo ECU è allora predisposta per determinare la localizzazione sull'attuatore PA di una tensione decrescente al crescere della temperatura di lavoro.

Se il commutatore elettronico SW1 utilizzato per l'accumulo di energia nell'induttore  $L$  è costituito da un transistor MOSFET, allora la tempera-

tura di lavoro può essere determinata indirettamente rilevando la resistenza  $R_{DSon}$  fra il drain ed il source di tale transistor MOSFET.

Nelle figure 3 e 4, ove a parti ed elementi già descritti sono stati nuovamente attribuiti i simboli alfabetici e/o numerici utilizzati in precedenza, sono illustrate varianti della soluzione sopra descritta con riferimento alla figura 2.

Nella versione secondo la figura 3 il piezoattuatore PA è disposto fra la massa e la serie dei commutatori elettronici SW1 e SW2. L'induttore L è collegato da una parte fra i commutatori SW1 e SW2, e dall'altra parte alla massa GND.

Si osserva che nella variante secondo la figura 3 il commutatore funzionalmente equivalente al commutatore SW1 della figura 2 è ora quello ubicato superiormente.

Nella variante secondo la figura 4 il piezoattuatore PA è interposto fra i commutatori elettronici SW1 e SW2, e l'induttore L è collegato fra il commutatore SW1 (che anche in questo caso è quello superiore) e la massa GND.

Le varianti secondo le figure 3 e 4 operano in modo analogo alla soluzione sopra descritta con riferimento alla figura 2. Poiché in tali varianti il



JACOBI & PARTNERS S.p.A.

o ciascun induttore ha un terminale collegato alla massa, esse si prestano meglio ad una realizzazione in cui i componenti circuitali (SW1, SW2, D1, D2, L, ecc.) associati al piezoattuatore PA sono fisicamente disposti a distanza da quest'ultimo ad esempio nell'unità di controllo ECU o in una circuiteria separata, anziché essere integrati insieme con il piezoattuatore in unico dispositivo o gruppo di iniezione.

La figura 5 si riferisce invece ad una realizzazione in cui i suddetti componenti sono fisicamente associati al piezoattuatore PA, incorporati in unico dispositivo o gruppo di iniezione INi. Secondo lo schema della figura 5 nel generico dispositivo o gruppo integrato di iniezione INi sono compresi inoltre i seguenti dispositivi:

- un dispositivo rilevatore VD atto a rilevare la tensione che si localizza sul piezoattuatore PA,
- un primo ed un secondo circuito di pilotaggio di potenza DR1, DR2, accoppiati ai terminali o elettrodi di controllo dei commutatori elettronici SW1 e SW2;
- un dispositivo di monitoraggio della corrente ID, accoppiato al sensore H, per rilevare l'intensità della corrente I fluente operativamente nel-

l'induttore L, e

- un dispositivo rilevatore di tensione VDS1, atto a monitorare la tensione drain-source del commutatore elettronico (transistore MOSFET) SW1, per rilevare in definitiva la temperatura di funzionamento del gruppo IN<sub>i</sub>.

I vari dispositivi VD, DR1, DR2, ID e VDS1 di cui sopra sono collegati ad un dispositivo logico e di controllo e diagnostica CDC, di tipo per sé noto, interfacciabile con l'unità di controllo ECU tramite il bus di controllo e diagnostica CDB.

Le architetture circuitali sinora descritte consentono l'attuazione di diverse modalità operative di controllo.

In primo luogo esse consentono di eseguire iniettate con caratteristiche differenziate, ad esempio iniettate standard, oppure iniettate multiple ad ogni ciclo, ed eventualmente iniettate temporalmente sovrapposte in cilindri diversi. Esse consentono inoltre l'attuazione di iniettate a pressioni ridotte rispetto ad un valore massimo di specifica, ed iniettate con apertura controllata della valvola di iniezione.

Tutte le architetture descritte consentono una gestione degli attuatori piezoelettrici in condi-

zioni di sicurezza dato che le energie in gioco sono sostanzialmente tali da evitare il superamento della tensione massima ammessa per tali piezoattuatori.

Inoltre, la tensione sui piezoattuatori viene adeguatamente monitorata, come pure la corrente fluente negli induttori di accumulo e nei piezoattuatori. La tensione massima di effetto valanga  $V_{DS}$  dei transistori MOSFET rappresenta un'ulteriore sicurezza che evita il superamento della tensione massima ammissibile per i piezoattuatori: gli switch a transistor MOSFET sono in grado di assorbire l'energia accidentale dovuta a saltuarie irregolarità di commutazione.

Nel funzionamento non si presentano problemi da intempestiva interruzione delle correnti, che vengono sempre "riciclate".

Nelle realizzazioni in cui i commutatori elettronici, gli associati diodi, l'induttore di accumulo, ecc. sono fisicamente disposti "addosso" all'associato piezoattuatore, la dissipazione del calore sviluppato dagli elementi di potenza non è problematica, in quanto il calore generato è in buona parte evacuabile attraverso il flusso del combustibile stesso. In tali realizzazioni le ten-



sioni relativamente elevate, necessarie per il pilotaggio dei piezoattuatori, vengono "confinare" all'interno dei dispositivi integrati di iniezione, con minimizzazione delle emissioni elettromagnetiche. A tale scopo è inoltre opportuno che il condensatore di tank 4 venga montato in prossimità dei dispositivi di iniezione.

Nella figura 6 è mostrata un'architettura circuitale che consente il pilotaggio dei piezoattuatori di iniettori di combustibile con una possibilità in parte limitata di realizzare iniezioni temporalmente "sovrapposte" in due cilindri.

La configurazione secondo la figura 6 è in particolare destinata a consentire il pilotaggio di coppie di piezoattuatori PAa, PAb e PAc, PAD ... con un sostanziale risparmio di componenti.

Nella configurazione di cui alla figura 6 il sistema comprende una pluralità di rami circuitali di comando 5, connessi in parallelo fra loro, fra la linea di alimentazione SL e la massa GND. Ciascun ramo circuitale 5 comprende due porzioni in parallelo indicate con 5a, 5b nonché con 5c, 5d ..., in ciascuna delle quali un rispettivo piezoattuttore PAa, PAb e PAD è disposto in serie ad un rispettivo interruttore elettronico controllato

S2a, S2b ... SW2d.

Ciascun ramo circuitale 5 comprende una terza porzione 5x, fra la linea di alimentazione SL e le suddette due porzioni 5a, 5b ovvero 5c, 5d. Tale terza porzione 5x comprende un interruttore elettronico controllato SW1, che è in comune per la corrispondente coppia di piezoattuatori PAa, PAb ovvero PAc, PAd.

Il modo di funzionamento dell'architettura secondo la figura 6 è di per sé evidente per uno specialista del settore, e consente di realizzare iniettate temporalmente "sovrapposte" con la sola esclusione della sovrapposizione dei piezoattuatori PAa e PAb, ovvero PAc e PAd.

Quale che sia l'architettura di controllo adottata fra quelle sopra descritte, convenientemente al o a ciascun attuatore piezoelettrico PA è associata una rispettiva memoria, preferibilmente di tipo riscrivibile, destinata a contenere dati di taratura della caratteristica elettromeccanica dell'attuatore. Con riferimento alla figura 5, tali dispositivi di memoria possono essere ad esempio incorporati nel circuito di controllo e diagnosi CDC.

I dati di taratura della caratteristica elet-



tromeccanica di ciascun piezoattuatore PA possono essere memorizzati alla fine del ciclo di produzione, in modo tale che i vari piezoattuatori presentino operativamente la medesima caratteristica nominale desiderata. Tale caratteristica è ad esempio una caratteristica che correla la quantità di combustibile fatto fluire, in funzione della durata  $\tau$  di apertura della valvola di iniezione.

I dati di taratura della caratteristica sono in tal caso tali da far durare di più (ma sempre nei limiti di accettabilità del motore) l'apertura di quegli iniettori che, per le proprie caratteristiche fisiche, presentano una portata minore.

Il ricorso a dispositivi di memoria di tipo riscrivibile rende possibile la "ritaratura" nel corso della vita utile, in particolare per iniettori per motori a lunga durata come quelli per veicoli industriali. La ritaratura in tal caso può essere effettuata con l'impiego di banchi automatici di controllo dell'efflusso, mediante riscrittura delle mappe di taratura tramite l'accesso al bus di comando e diagnostica CDB.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati

rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.



### RIVENDICAZIONI

1. Sistema di controllo e pilotaggio di almeno un attuatore piezoelettrico (PA) avente un'impedenza di tipo sostanzialmente capacitivo, particolarmente per un iniettore di combustibile per motori Diesel, comprendente

- una sorgente di tensione continua di alimentazione (VSS),
- almeno un ramo circuitale di comando (5) connesso in parallelo a detta sorgente (VSS) e nel quale l'attuatore piezoelettrico (PA) è collegato in serie ad un primo e ad un secondo interruttore elettronico controllato (SW1, SW2) ciascuno dei quali è provvisto di un rispettivo diodo in parallelo (D1, D2) disposto con il catodo rivolto al polo positivo della sorgente di tensione (VSS);
- almeno un induttore di accumulo di energia (L) che ha un terminale collegato fra detti interruttori (SW1, SW2) e l'altro terminale collegato ad un terminale della sorgente di tensione (VSS); e
- mezzi elettronici di controllo e comando (ECU) atti a pilotare detti interruttori controllati (SW1, SW2) in modo tale da provocare

\* la chiusura di un primo interruttore (SW1) mentre l'altro o secondo (SW2) è aperto, in modo da

accoppiare l'induttore di accumulo (L) alla sorgente di tensione (VSS);

\* l'apertura di detto primo interruttore (SW1) quando l'energia accumulata nell'induttore (L) ha raggiunto un valore predeterminato, in modo tale per cui l'induttore risulta allora accoppiato con l'attuatore piezoelettrico (PA) tramite il diodo (D2) in parallelo al secondo interruttore (SW2) così da formare un circuito LC-risonante, e sull'attuatore piezoelettrico (PA) si localizza progressivamente una tensione (V) atta a provocarne una deformazione meccanica reversibile;

\* una successiva chiusura del secondo interruttore (SW2) mentre il primo (SW1) è aperto, in modo tale da consentire la scarica nell'induttore (L) della tensione (V) localizzata sull'attuatore piezoelettrico (PA), e

\* la riapertura di detto secondo interruttore (SW2) quando la tensione (V) sull'attuatore (PA) si è ridotta ad un valore minimo, in modo tale per cui l'energia residua accumulata nell'induttore (L) può allora rifluire verso la sorgente di tensione (VSS).

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi circuitali di controllo e comando (ECU)

sono atti a controllare il suddetto primo interruttore (SW1) in modo tale da determinarne la chiusura per un tempo che è funzione del desiderato valore di tensione (V) da raggiungere sul piezoattuatore (PA).

3. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi circuitali di controllo e comando (ECU) sono atti a controllare il suddetto primo e secondo interruttore (SW1, SW2) in modo tale da

- \* determinare la chiusura del primo interruttore (SW1) per un periodo di tempo prefissato corrispondente ad un valore massimo ( $V_M$ ) di tensione da raggiungere sull'attuatore piezoelettrico (PA) e poi determinare l'apertura del primo interruttore (SW1) per consentire l'accoppiamento dell'attuatore (PA) al suddetto induttore (L), sino al raggiungimento di detto valore massimo di tensione ( $V_M$ ) sull'attuatore (PA),

- \* determinare almeno una prima chiusura del secondo interruttore (SW2) per provocare una scarica parziale nell'induttore (L) della tensione (V) accumulata sull'attuatore (PA), sino a raggiungere una tensione operativa intermedia di valore prefissato ( $V_R$ ) sull'attuatore (PA), e poi aprire detto secondo interruttore (SW2), e

\* determinare poi, dopo un tempo prefissato, la richiusura del secondo interruttore (SW2) per provocare la scarica nell'induttore (L) della tensione (V) presente sull'attuatore (PA) e la riapertura finale di detto secondo interruttore (SW2) quando la tensione (V) sull'attuatore (PA) si è ridotta al suddetto valore minimo, in modo tale per cui l'energia residua accumulata nell'induttore (L) può allora rifluire verso la sorgente di tensione (VSS).

4. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui per l'impiego con un attuatore piezoelettrico (PA) la cui capacità elettrica varia, ed in particolare cresce, con la temperatura, i suddetti mezzi di controllo e comando (ECU) sono predisposti per determinare la localizzazione sull'attuatore di una tensione (V) decrescente al crescere della temperatura.

5. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui in detto ramo circuitale comando (5) l'attuatore piezoelettrico (PA) è collegato da una parte al polo positivo della sorgente di tensione (VSS), e dall'altra parte è collegato alla serie dei suddetti primo e secondo interruttore (SW1, SW2), e l'induttore (L) ha un terminale



collegato al polo positivo della sorgente di tensione (VSS), e l'altro terminale collegato fra detti interruttori (SW1, SW2) (figura 2).

6. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui in detto ramo circuitale di comando (5) l'attuatore piezoelettrico (PA) è collegato da una parte al polo negativo della sorgente di tensione (VSS), e dall'altra alla serie dei suddetti primo e secondo interruttore (SW1, SW2), e l'induttore di accumulo (L) ha un terminale collegato al polo negativo della sorgente di tensione (VSS) e l'altro terminale collegato fra detti interruttori (SW1, SW2) (figura 3).

6. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui in detto ramo circuitale di comando (5) l'attuatore piezoelettrico (PA) è interposto fra detti primo e secondo interruttore (SW1, SW2), e l'induttore di accumulo (L) ha un terminale collegato al polo negativo della sorgente (VSS) e l'altro terminale collegato fra l'attuatore piezoelettrico (PA) ed il suddetto primo interruttore (SW1) (figura 4).

8. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti interruttori (SW1, SW2) sono transistori MOSFET e gli associati diodi

JACOBACCI & PARTNERS S.p.A.

in parallelo (D1, D2) sono i rispettivi diodi intrinseci.

9. Sistema secondo le rivendicazioni 4 ed 8, in cui detti mezzi di controllo e comando (ECU) sono predisposti per desumere la temperatura rilevando la resistenza ( $R_{Dson}$ ) fra il drain ed il source del transistore MOSFET agente come il primo suddetto interruttore (SW1).

10. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto induttore di accumulo di energia (L) comprende un nucleo di materiale ferromagnetico, preferibilmente sinterizzato.

11. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta sorgente di tensione (VSS) comprende una batteria (B) accoppiata ad un circuito booster e stabilizzatore di tensione (3) atto ad erogare in uscita una tensione di alimentazione di valore più elevato di quella fornita dalla batteria (B).

12. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta sorgente di tensione (VSS) è atta ad erogare una tensione di alimentazione continua avente un valore nominale di circa 42 V.

13. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendica-



zioni precedenti, per il controllo coordinato di una pluralità di attuatori piezoelettrici, particolarmente per il pilotaggio di una corrispondente pluralità di iniettori (PIN) di combustibile;

il sistema essendo caratterizzato dal fatto che comprende una corrispondente pluralità di rami circuitali di comando (5) connessi in parallelo fra loro ed accoppiati a detta sorgente di tensione (VSS), in ciascun ramo circuitale di comando (5) essendo disposto un rispettivo attuatore piezoelettrico (PA) in serie ad un associato primo e secondo interruttore elettronico (SW1, SW2) provvisto di un rispettivo diodo in parallelo (D1, D2), ed un rispettivo induttore di accumulo di energia (L) collegato fra detti interruttori (SW1, SW2) ed un terminale di detta sorgente di tensione (VSS).

14. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 10, per il controllo di una pluralità di coppie di attuatori piezoelettrici (PAa, PAb; PAc, PAd; ...), particolarmente per il pilotaggio di una corrispondente pluralità di coppie di iniettori di combustibile;

il sistema essendo caratterizzato dal fatto che comprende una corrispondente pluralità di rami circuitali di comando (5) connessi fra loro in pa-

rallalelo ed accoppiati a detta sorgente di tensione (VSS); ciascun ramo circuitale di comando (5) comprendendo

una prima ed una seconda porzione (5a, 5b; 5c, 5d; ...) fra loro in parallelo, in ciascuna delle quali un attuatore piezoelettrico (PAa, PAb; PAc, PAD; ...) è disposto in serie ad un rispettivo secondo interruttore elettronico controllato (SW2); e

una terza porzione (5x) che è connessa in serie a dette prima e seconda porzione (5a, 5b; 5c, 5d; ...), e che comprende un primo interruttore elettronico controllato comune (SW1);

a ciascuna coppia di attuatori piezoelettrici essendo associato un induttore comune (L), suscettibile di essere accoppiato alla sorgente di tensione (VSS) tramite detto primo interruttore elettronico comune (SW1).

15. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 13, in cui l'induttore di accumulo (L) e gli interruttori elettronici (SW1, SW2) ed i diodi (D1, D2) associati al od a ciascun attuatore piezoelettrico (PA) sono incorporati con l'attuatore piezoelettrico (PA) a formare un unico gruppo o dispositivo integrato (INi).

16. Sistema secondo la rivendicazione 15, in cui



in detto od in ciascun gruppo integrato (INi) sono ricompresi inoltre uno o più dei seguenti mezzi addizionali:

- mezzi di acquisizione (VD) della tensione sviluppata nel funzionamento sull'attuatore piezoelettrico (PA);
- mezzi di acquisizione (ID) della corrente (I) fluente nel funzionamento nell'associato induttore di accumulo di energia (L);
- mezzi di acquisizione (VDS1) della tensione ai capi dell'associato primo interruttore elettronico (SW1);
- circuiti di pilotaggio (DR1, DR2) di detti primo e rispettivamente secondo interruttore elettronico (SW1, SW2).

17. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui detti mezzi addizionali sono collegati ad un dispositivo di controllo e diagnostica (CDC) interfacciabile con un'unità di controllo (ECU) tramite un bus di controllo e diagnostica (CDB).

18. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui al od a ciascun attuatore piezoelettrico (PA) è associata una rispettiva memoria, preferibilmente di tipo riscrivibile, per dati di taratura della caratteristica elettromecca-

JACOBACCI & PARTNERS S.p.A.

nica dell'attuatore (PA).

19. Sistema di controllo di attuatori piezoelettrici, particolarmente per iniettori di combustibile di motori Diesel, sostanzialmente secondo quanto descritto ed illustrato, e per gli scopi specificati.

PER INCARICO

PAOLO RAMBELLI  
(Iscri. No. 4358/M)

  
C.C.I.A.A.  
Torino

JACOBACCI & PARTNERS S.p.A.

FIG.1

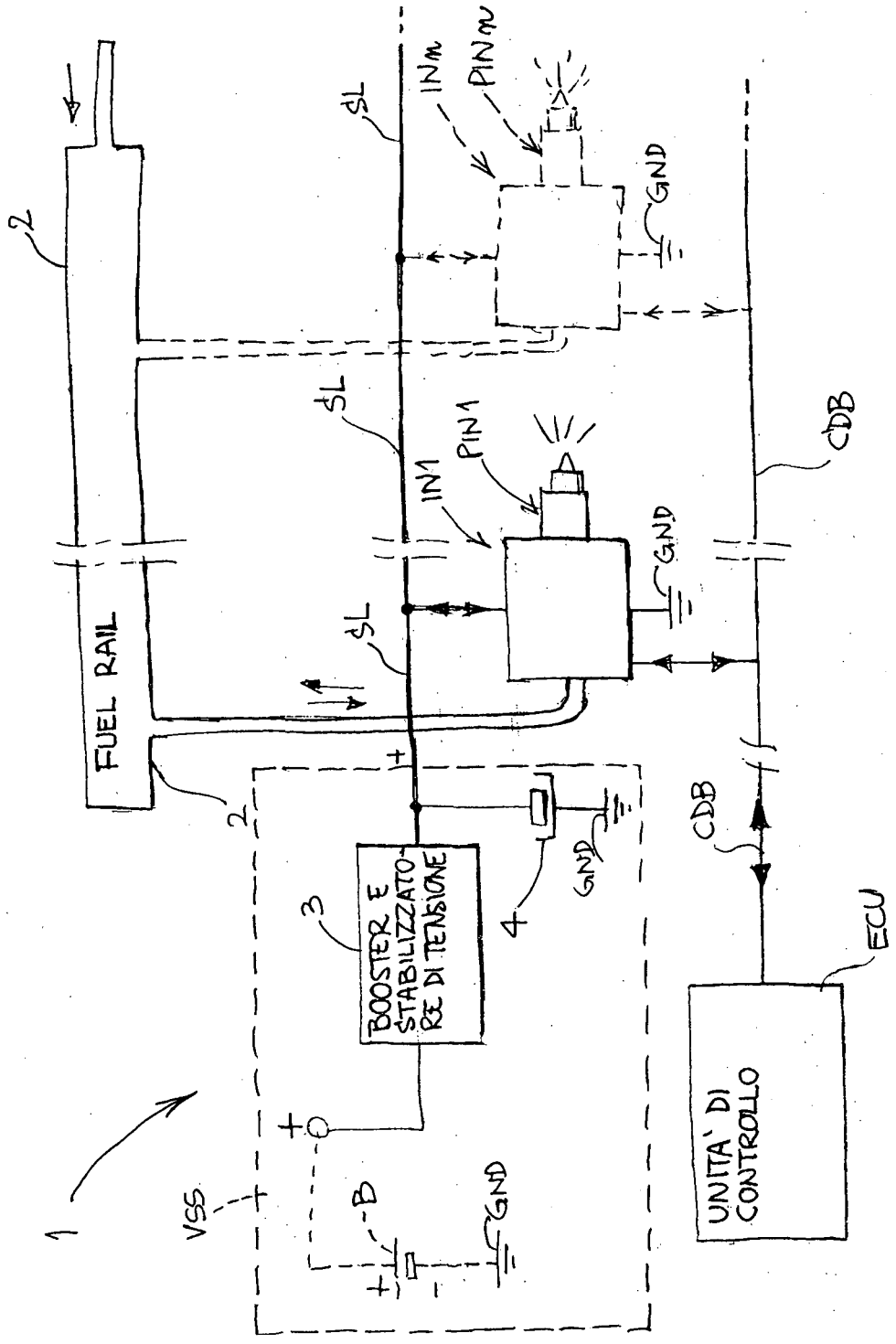
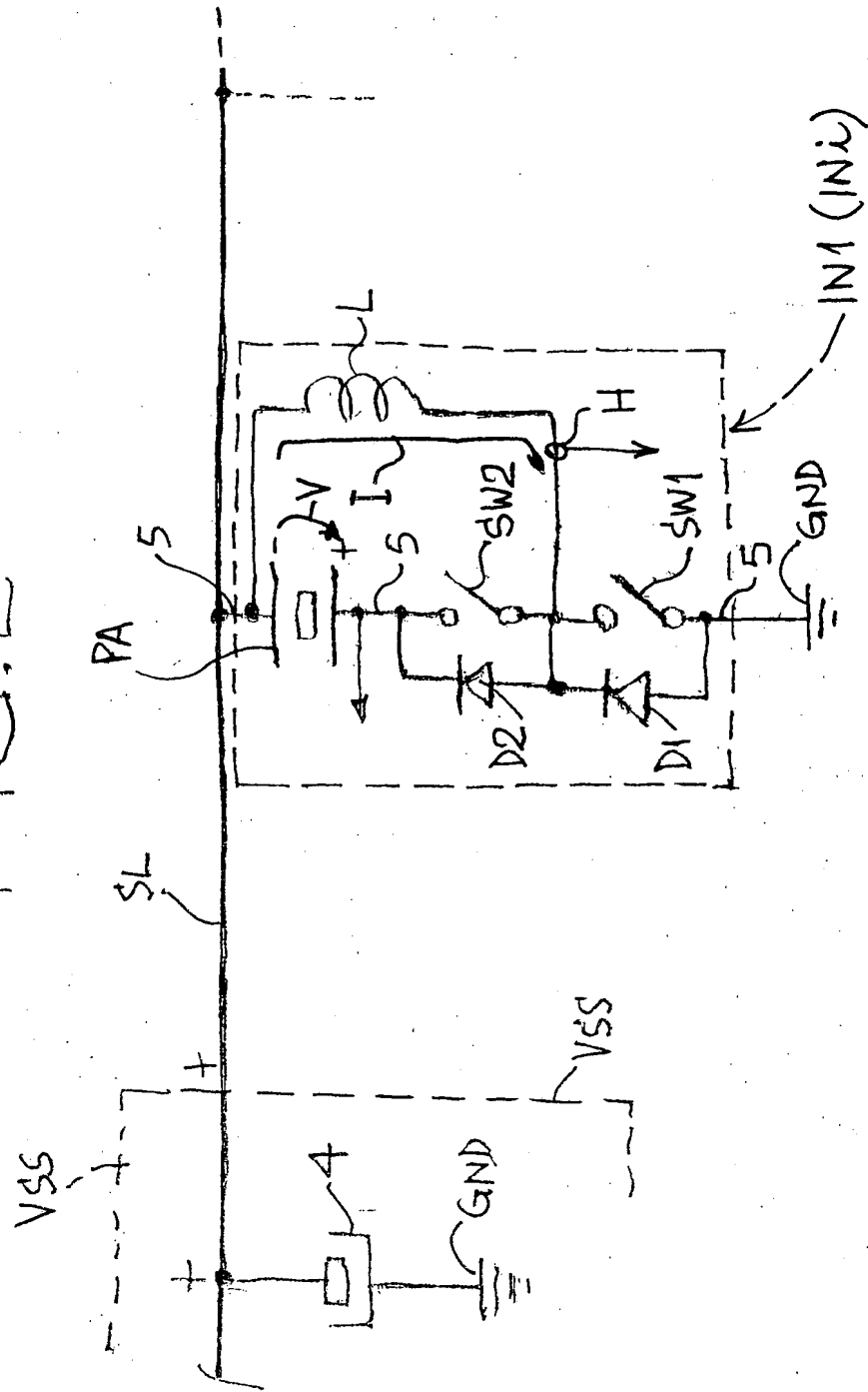
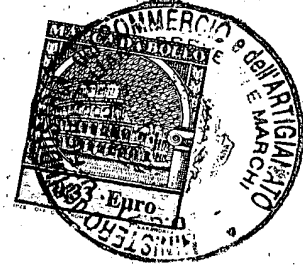


FIG. 2



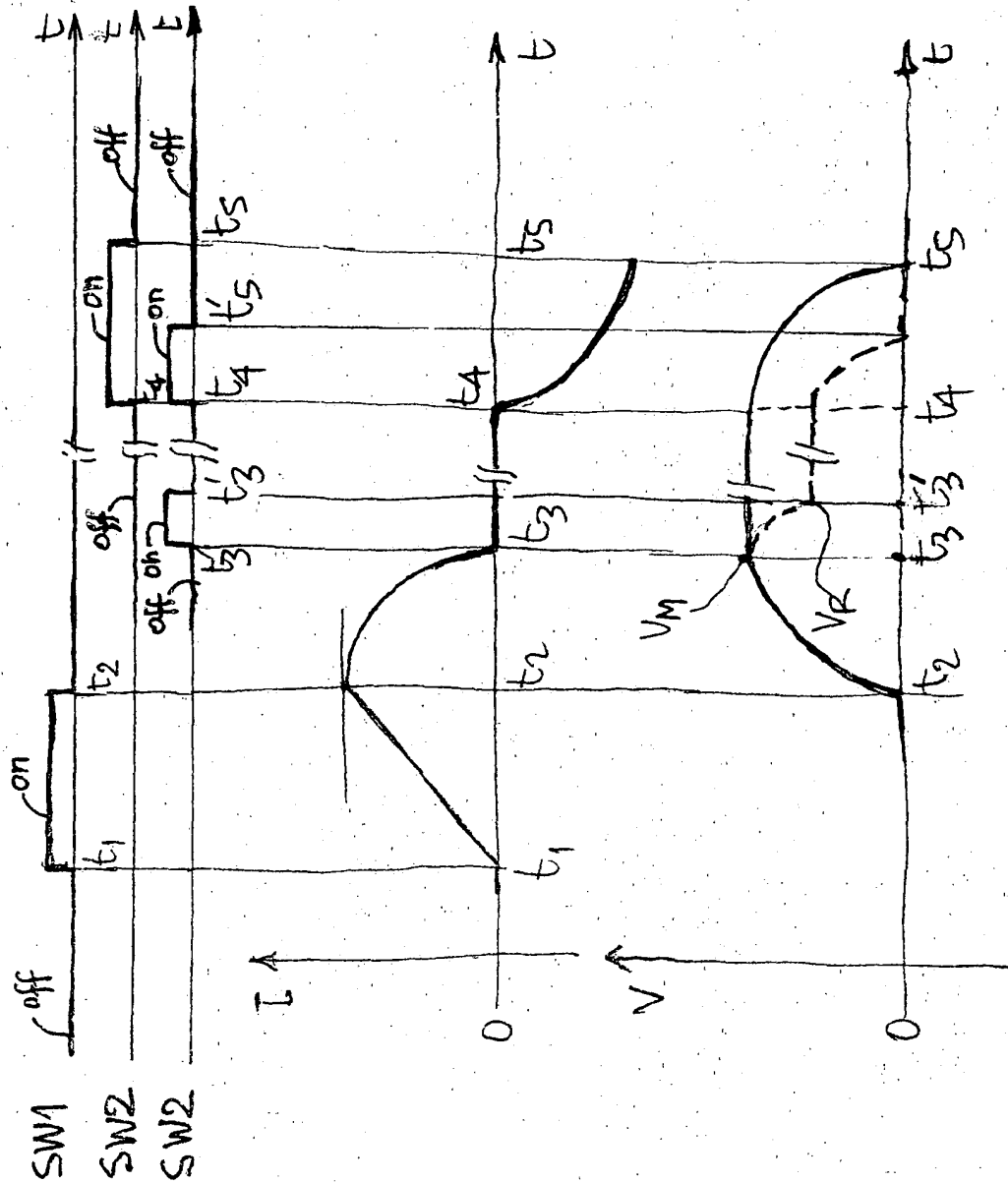
C.C.I.A.A.  
Torino

PAOLO RAMBELLI  
(Isr. No. 4358M)



C.R.F. 3/7

FIG.2a

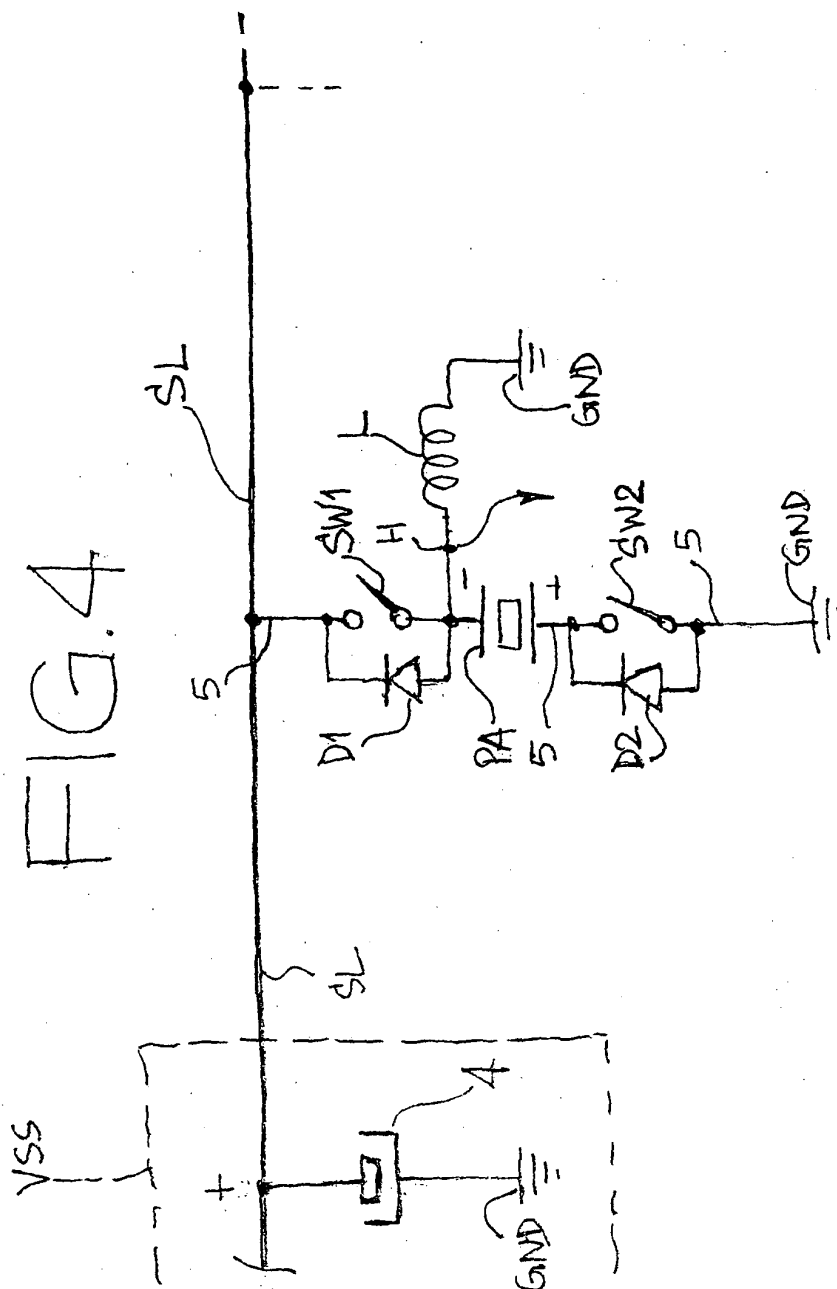


C.C.I.A.A.  
Torino

PAOLO RAMBELLI  
(Iscri. No. 496BM)







C.C.I.A.A.  
Torino

PAOLO RAMBELLI  
(Iscri. No. 435BM)





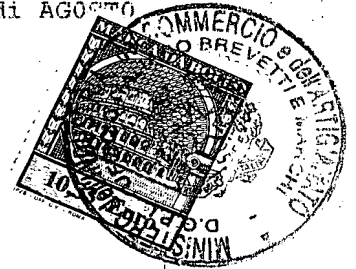
C.C.I.A.A. DI TORINO

Verbale di deposito di istanze e documenti concernenti priorità

L'anno Duemiladue il giorno TRENTA del mese di AGOSTO

la Ditta/il Signor C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI

con sede/residente in ORBASSANO TO ITALIA



Rappresentato/a dai Signori Filippo Jacobacci (Iscr. N. 262BM), Guido Jacobacci (Iscr. N. 263BM), Giuseppe Quinterio (Iscr. N. 257BM), Massimo Introvigne (Iscr. N. 368BM), Paolo Rambelli (Iscr. N. 435BM), Angelo Gerbino (Iscr. N. 488BM), Fabio Siniscalco (Iscr. N. 347BM), Claudio Maggioni (Iscr. N. 113BM), Francesco Serra (Iscr. N. 90BM), Corrado Fioravanti (Iscr. N. 553BM), Paolo Ernesto Crippa (Iscr. N. 903BM), Luca Gallo (Iscr. N. 949BM) ed anche, limitatamente alla materia delle registrazioni di marchio, i Signori Enrico Riccardino (Iscr. N. 799M), Patrizia Franceschina (Iscr. N. 787M), Gabriele Borasi (Iscr. N. 684M), Sergio Mulder (Iscr. N. 683M), Silvia Lazzarotto (Iscr. N. 789M), Carlo Alberto Demichelis (Iscr. N. 800M), Franca Acuto (Iscr. N. 783M), Giulio Martellini (Iscr. N. 886M), Sylvain Rousseau (Iscr. N. 984M), Eleonora Guiotto (Iscr. N. 975M), Laura Salustri (Iscr. N. 879M), Fabiola Anna Quintavalle (Iscr. N. 981M), Lucia Vittorangeli (Iscr. N. 983M) nonché, limitatamente alla materia dei brevetti per invenzione e modelli industriali, i Signori Giorgio Long (Iscr. N. 834B), Ilaria Simonelli (Iscr. N. 859B), Edgardo Deambrogi (Iscr. N. 931B), Diego Giugni (Iscr. N. 934E), Ferruccio Postiglione (Iscr. N. 940B) della società Jacobacci & Partners S.p.A., domiciliati presso quest'ultima in TORINO, Corso Regio Parco, 27 - 10152, ed elettivamente domiciliato/a agli effetti di legge anche "ai sensi dell'art. 75, 3° c. del R.D. 29 giugno 1939, N. 1127 e dell'art. 56, 2° c. del 21 giugno 1942, N. 929", presso detti mandatarî al suddetto indirizzo della Jacobacci & Partners S.p.A. in TORINO, Corso Regio Parco, 27 - 10152

a seguito di domanda di Brev. di Invenzione depositata in TORINO in data 16 Luglio 2002

Protocollo n. TO2002A000618

ha depositato presso questo Ufficio i sottoelencati documenti:

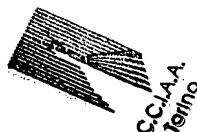
1) N. 7 TAVOLE DI DISEGNI IN DUPLICE COPIA

2)

3)

~~Copia del presente verbale è stata consegnata all'interessato~~

p. Il depositante



L'ufficiale rogante

  
ENRICO MIGLIO  
CATEGORIA C

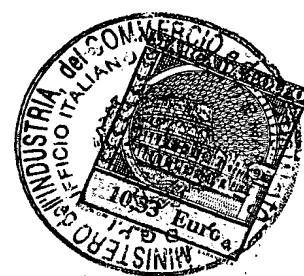
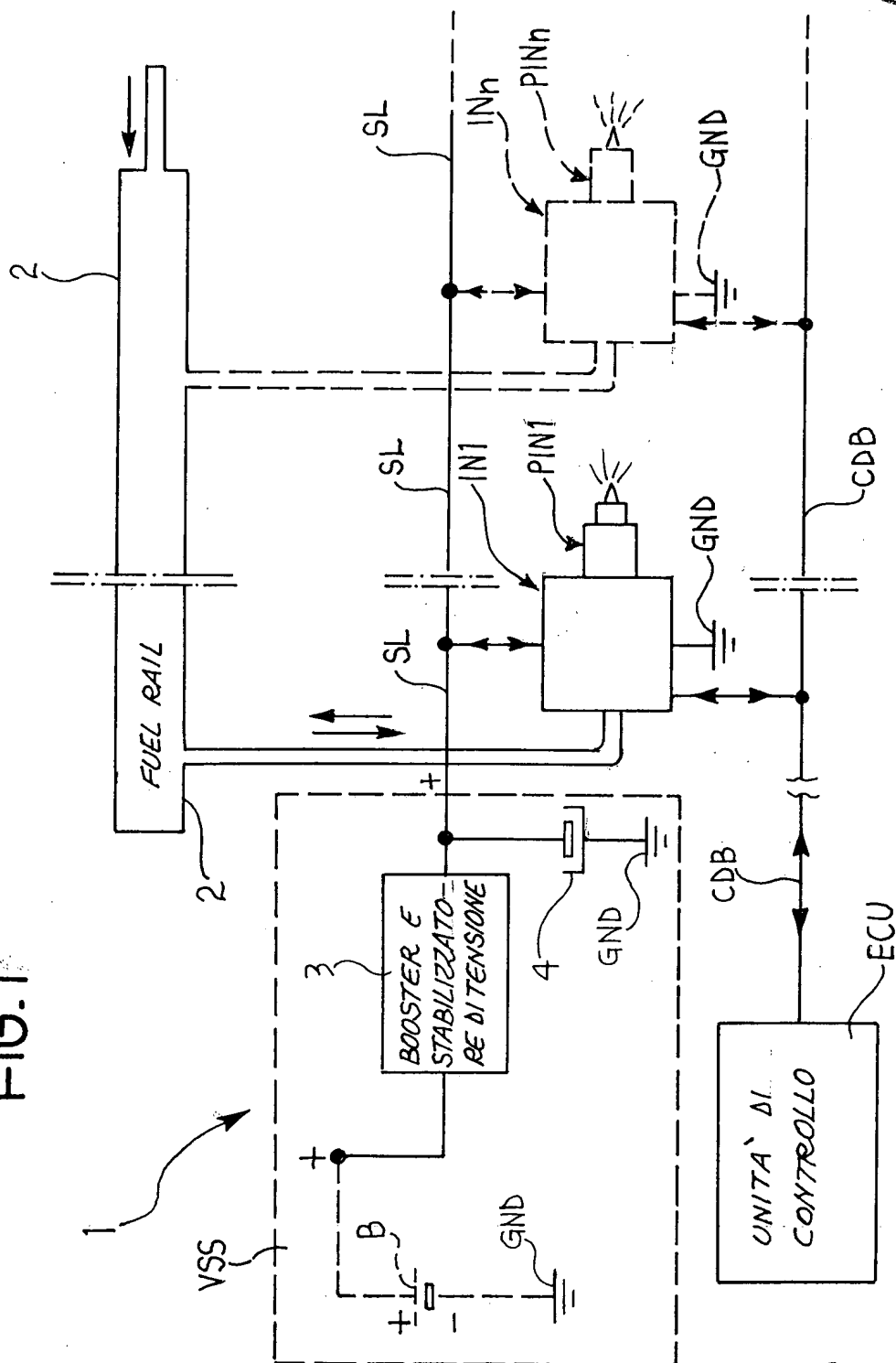
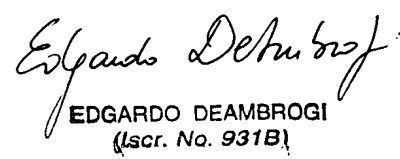


FIG.1



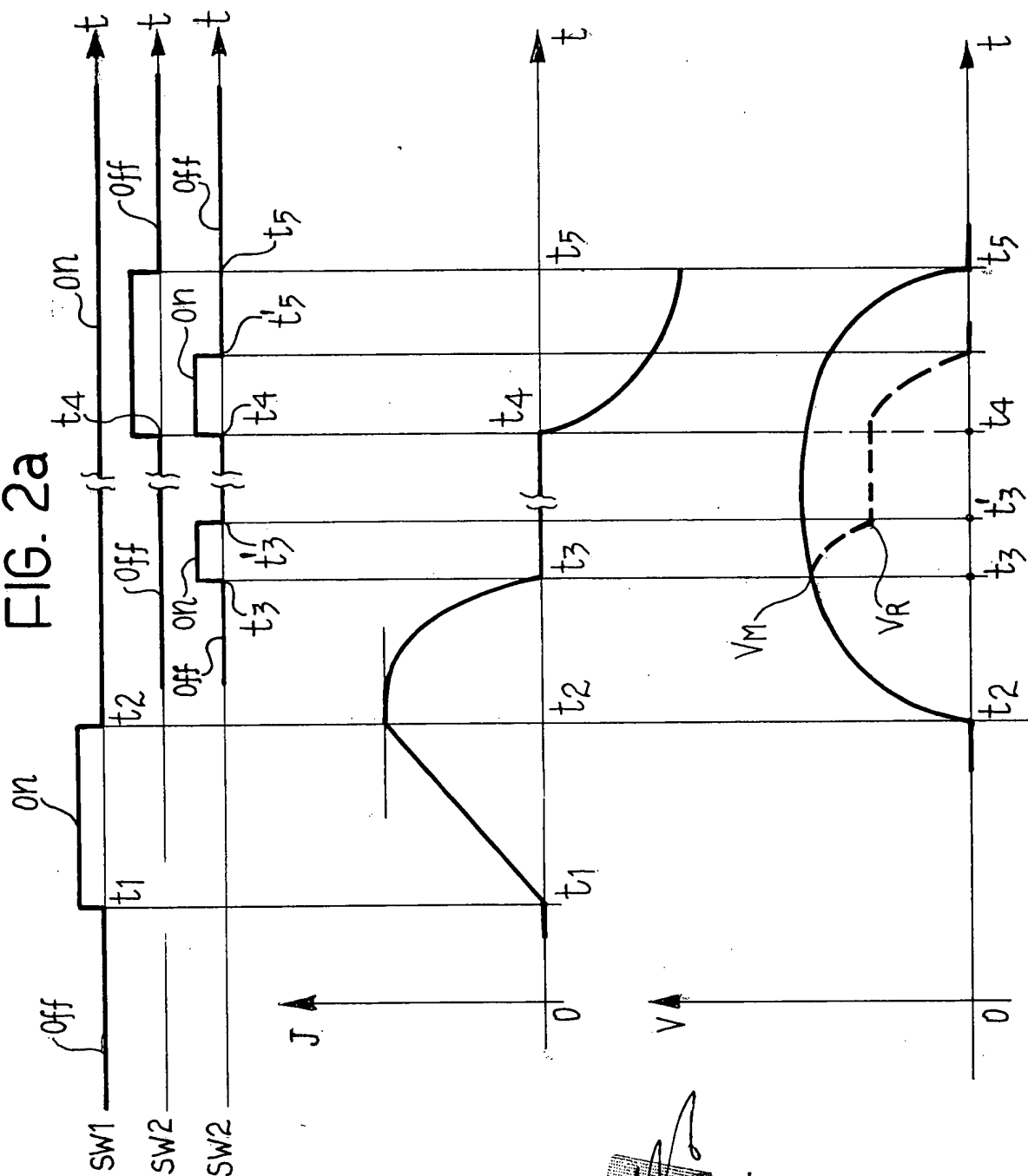
C.C.I.A.A.  
Todi

Edgardo Deambrogi  
EDGARDO DEAMBROGI  
(Isr. No. 931B)

**Per incarico di: C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI**

*CCNY  
Bosco*

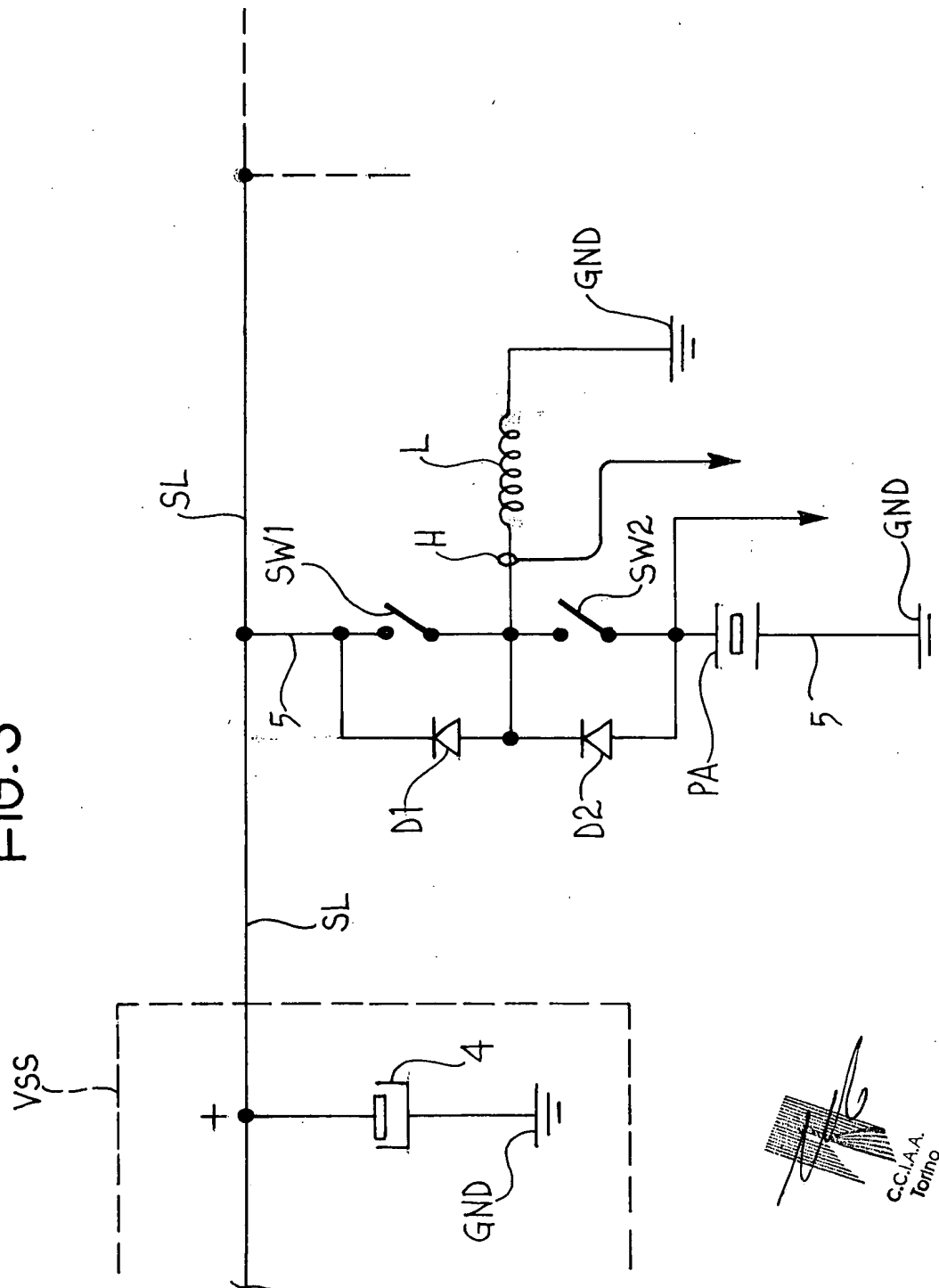
FIG. 2a



CCIAA  
Torino

Edgardo Dehnborg

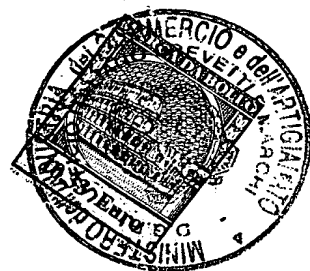
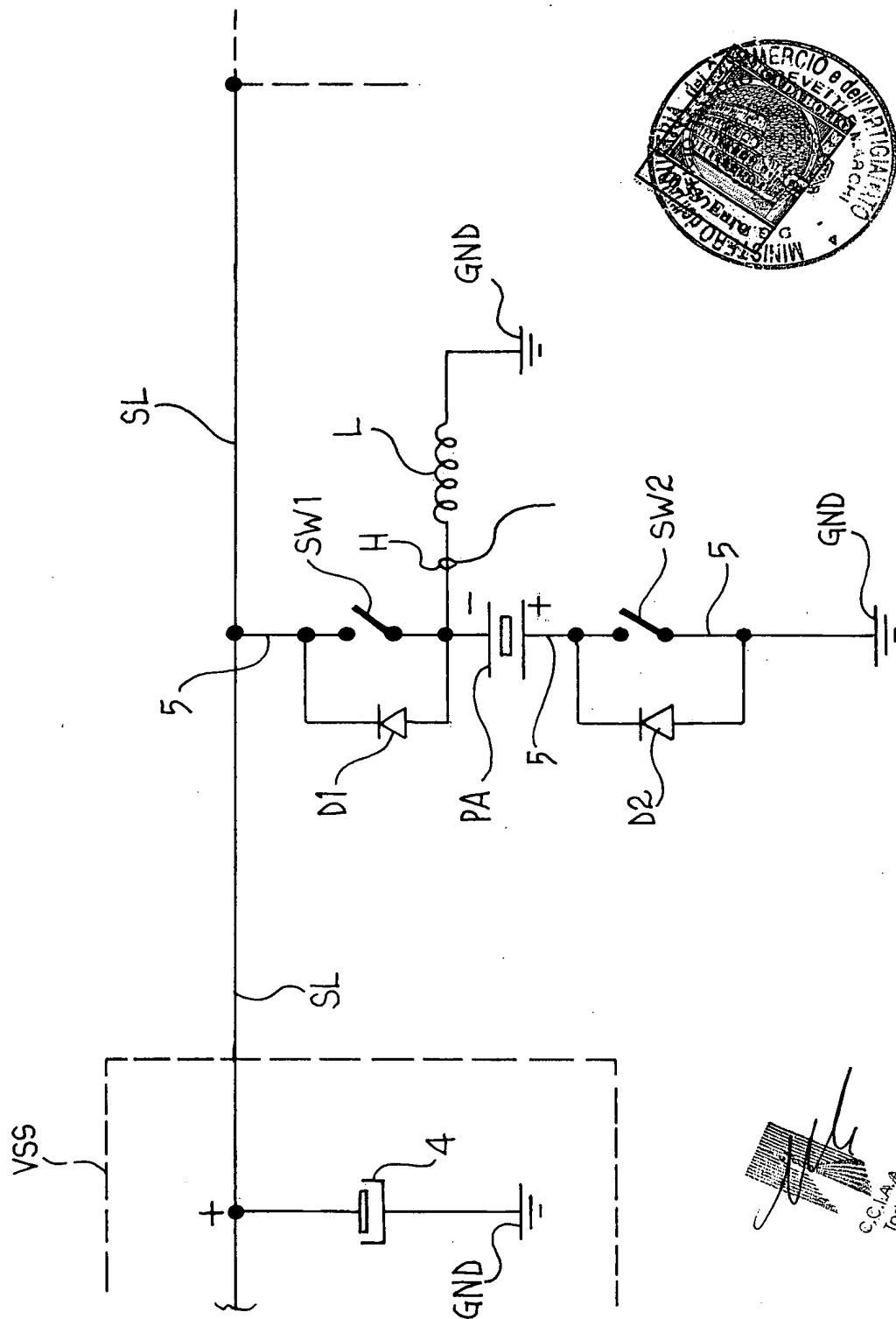
FIG. 3



*[Signature]*  
C.C.I.A.A.  
Torino

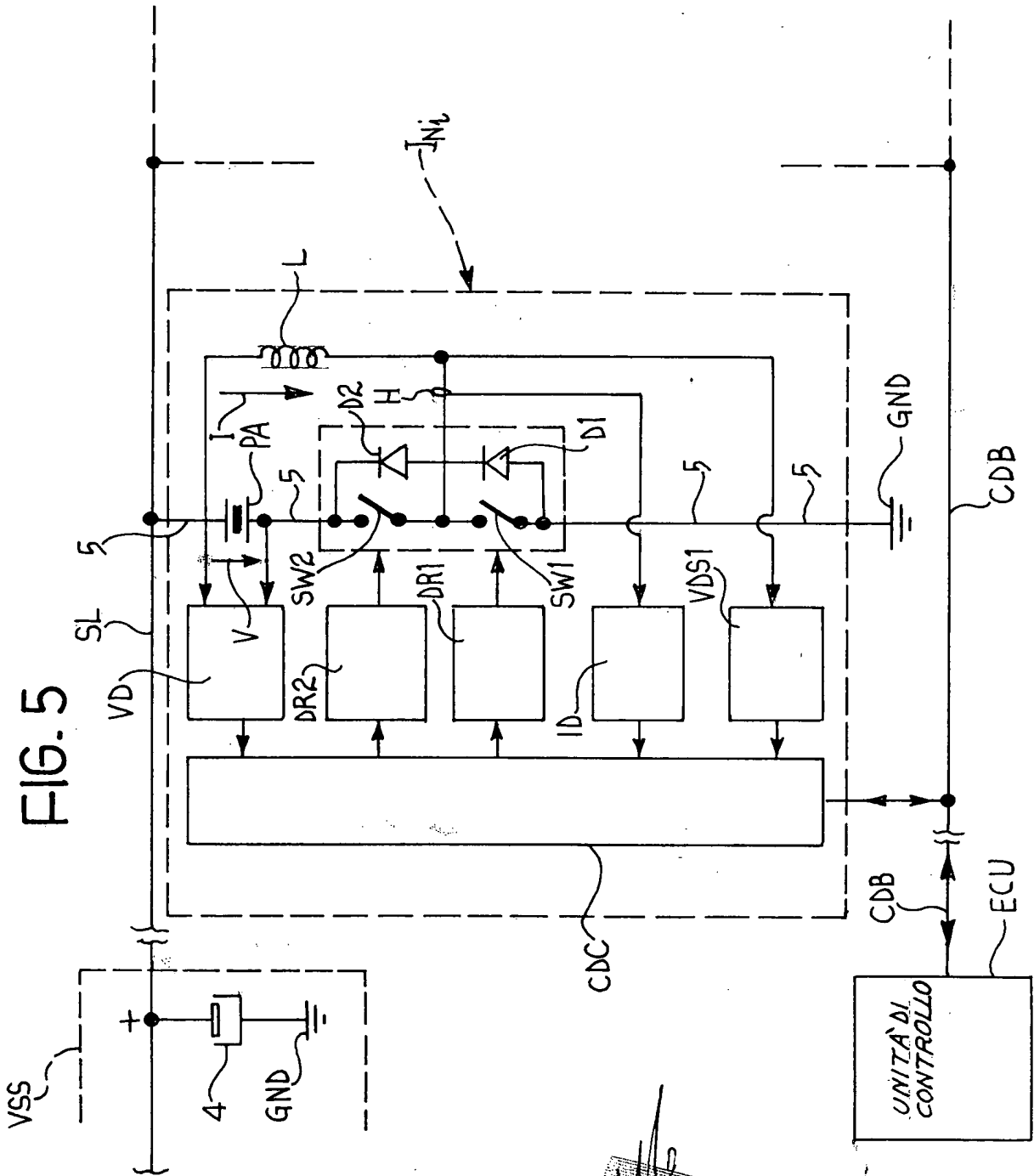


FIG. 4



*[Signature]*  
C.C.I.A.A.  
Torino

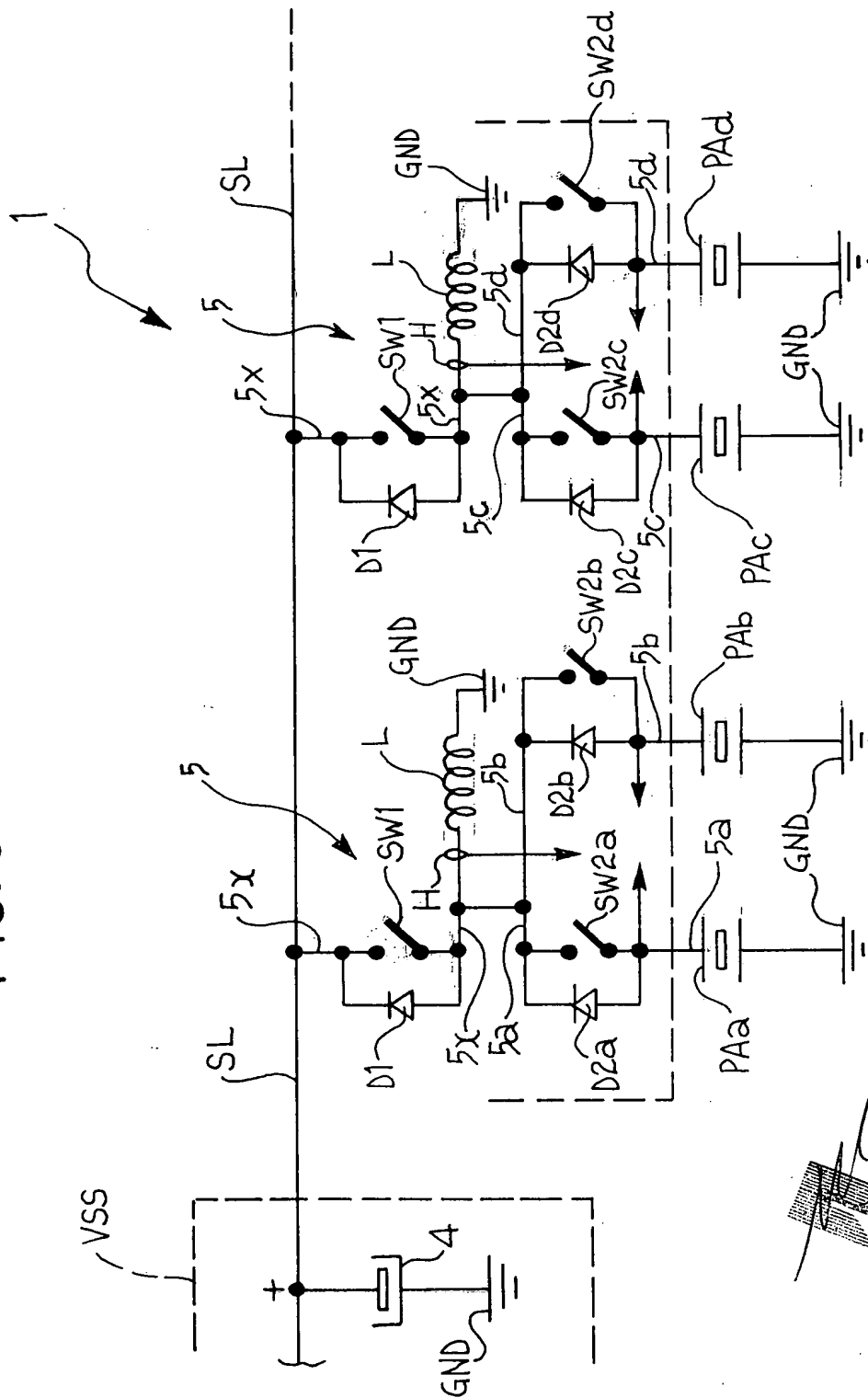
*Edgardo Deambrogi*  
EDGARDO DEAMBROGI  
(Iscc. No. 93181)



*[Signature]*  
C.C.I.A.A.  
Tolino

*Edgardo Dehnbroschi*  
INGEGNERE  
(1911/1912)

FIG. 6



*Edgardo Deambrogi*  
C.C.I.A.A.  
Torino

*Edgardo Deambrogi*  
EDGARDO DEAMBROGI  
(Isgr. No. 931B)